

Diplomado Fundamentos para la prevención y manejo de especies exóticas invasoras en México

Módulo I. Las especies invasoras: procesos, impactos y situación en México

Sección I.1. Introducción al tema de especies invasoras

Fecha: 22-25 de marzo de 2011

Tutor: *Dra. Patricia Koleff, Directora de Análisis y Prioridades de la CONABIO*

Objetivo de la sección:

Que el alumno conozca la terminología más relevante relacionada con el tema de especies invasoras y tenga una visión general de los procesos relacionados con las invasiones biológicas y los daños que ocasionan.

Introducción al tema de especies invasoras

I.1.1. ¿Qué son las especies invasoras?

En la actualidad se reconoce ampliamente que una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en todo el mundo son las especies invasoras. Muchos organismos de otros países o regiones pueden sobrevivir en nuevos ambientes sin mostrar efectos perjudiciales durante un largo periodo de tiempo; sin embargo, algunas especies pueden superar barreras ambientales, llegar a reproducirse y establecer una nueva población viable fuera de su área de distribución natural que con el paso de varios años, puede modificar drásticamente su nuevo entorno. Para cuando los daños ocasionados por las especies invasoras son perceptibles, las invasiones, en general, han alcanzado grandes magnitudes con graves consecuencias.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) define a las especies invasoras como “aquellas que prosperan sin ayuda del ser humano y amenazan hábitats naturales o seminaturales, fuera de su área habitual de distribución” (CDB 2009) y señala que “es uno de los principales generadores del cambio ambiental en el mundo” (MA 2005; Sala *et al.* 2000). Sin embargo, es necesario indicar que algunas especies nativas pueden volverse invasoras cuando son introducidas a otra región ecológica distinta a su área de distribución en el mismo país (traslocación), o incluso en su sitio de origen, cuando se altera la dinámica ecológica del lugar (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

Este Diplomado, se enfoca a aquellas especies denominadas “especies exóticas invasoras” por lo cual es relevante, conocer con mayor exactitud a lo que se refiere el término exótica:

Especie exótica (introducida o no nativa). Es la especie, subespecie o taxón inferior que se establece fuera de su área natural (pasada o actual) y de dispersión potencial (fuera del área que ocupa de manera natural o que no podría ocupar sin la directa o indirecta introducción o cuidado humano) e

incluye cualquier parte, gameto o propágulo de dicha especie que puede sobrevivir y reproducirse (CDB 2009, IUCN 1999). Este término también puede aplicarse a niveles taxonómicos superiores, como género o familia (IUCN 1999; Lever 1985).

Hasta hace poco tiempo, no teníamos un término tan específico en la legislación mexicana. En la LGEEPA, Artículo 85 se indicaba:

“Cuando así se requiera para la protección de especies, La Secretaría promoverá ante la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial el establecimiento de medidas de regulación o restricción, en forma total o parcial, a la exportación o importación de especímenes de la flora y fauna silvestres e impondrá las restricciones necesarias para la circulación y tránsito por el territorio nacional de especies de la flora y fauna silvestres procedentes del y destinadas al extranjero”.

Mientras que en la **Ley General de Vida Silvestre (DOF 01-02-2007)** indicaba:

- Artículo 3º se entenderá por
 - **XIII. Ejemplares o poblaciones exóticos:** Aquellos que se encuentran fuera de su ámbito de distribución natural, lo que incluye a los híbridos y modificados.
 - **VIV. Ejemplares o poblaciones ferales:** Aquellos pertenecientes a especies domésticas que al quedar fuera del control del hombre, se establecen en el hábitat natural de la vida silvestre
 - **XV. Ejemplares o poblaciones nativos:** Aquellos pertenecientes a especies silvestres que se encuentran dentro de su ámbito de distribución natural
 - **XVI. Ejemplares o poblaciones que se tornen perjudiciales:** Aquellos pertenecientes a especies silvestres o domésticas que, por modificaciones a su hábitat o su biología, o que por encontrarse fuera de su área de distribución natural, tengan efectos negativos para el ambiente natural, otras especies o el hombre, y por lo tanto requieran de la aplicación de medidas especiales de manejo o control.

No obstante, a partir de 2010, contamos con una nueva definición:

Especie exótica invasora. Es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenazan la diversidad biológica nativa, la economía y la salud pública (DOF 2010).

En lo general, durante el curso, usaremos el término de especie invasora, usando la siguiente definición:

Especie invasora. Una especie exótica que se establece en hábitats o ecosistemas naturales o seminaturales; es un agente de cambio y representa una amenaza para la biodiversidad nativa (CDB 2009; IUCN 1999).

Bajo esta definición, vemos que solo sería posible considerar como especies invasoras a las definidas en la LGVS como “ejemplares o poblaciones que se tornen perjudiciales”, ya que se indican los impactos que pueden causar.

Como se indicó antes, el comportamiento invasivo no es restrictivo de las especies exóticas, ya que algunas especies nativas pueden volverse invasoras cuando son introducidas a otra región

ecológica distinta a su área de distribución en el mismo país (**traslocación**), o incluso en su sitio de origen, cuando se altera la dinámica ecológica del lugar (CONABIO 2009).

Dentro del ámbito de otros sectores, hay otras definiciones que son importantes de considerar, como las siguientes:

Naturalización. Se refiere al proceso de establecimiento de una especie exótica en el área donde fue introducida. Este establecimiento está asociado a un área o lugar que por sus características (similitud ambiental al área de distribución original o condiciones adecuadas) permite el establecimiento de poblaciones autosuficientes en vida libre. El proceso de naturalización de una especie requiere que hayan sido superadas algunas barreras bióticas y abióticas para que la especie sobreviva y se reproduzca regularmente en el nuevo ambiente (Lever 1985, Richardson *et al.* 2000).

Plaga. Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (FAO 2004, IPPC 2009).

Plaga cuarentenaria. Plaga de importancia económica potencial para el área en peligro, aun cuando la plaga no esté presente o, si está presente, no está extendida y se encuentra bajo control oficial (FAO 2004, IPPC 2009).

Sin duda, el conocimiento sobre las especies invasoras biológicas ha generado un creciente interés en su estudio (figura I.1.1), en donde muchos de los tópicos están relacionados con la dispersión de organismos invasores, su impacto en la biodiversidad y su papel en el disturbio.

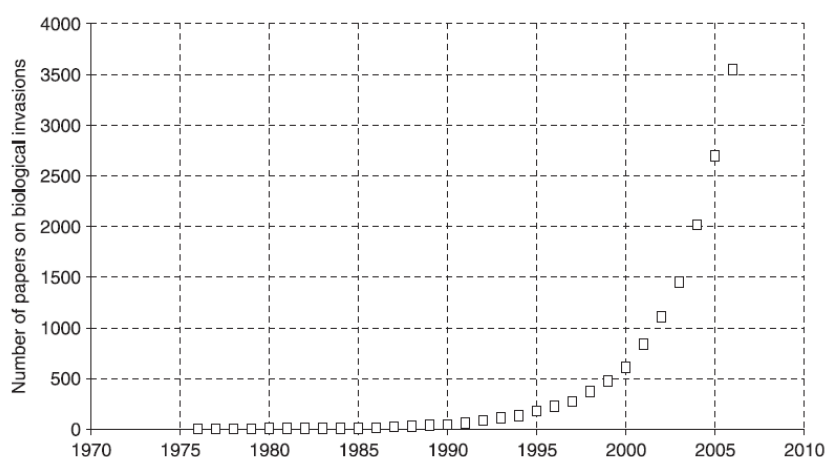


Figure 2 Growth in the number of papers in invasion ecology published up to 2006 and registered on the Web of Science (see text for the methods of screening for relevant papers).

Figura I.1.1. Crecimiento del número de artículos científicos sobre invasiones biológicas publicados hasta 2006, registrados en Web of Science). Tomado de Richardson y Pysek (2008).

De los primeros pobladores a los conquistadores



Desde los inicios de la domesticación de especies, la humanidad ha acarreado flora y fauna doméstica en cada nueva colonización. Conforme las civilizaciones se dispersan, el número de especies exóticas introducidas crece. Las introducciones intencionales tienen que ver con propósitos de aprovechamiento y ornamentales. Las accidentales incluyen semillas, insectos y roedores, transportados con otros productos. A partir del siglo XVI, con el descubrimiento de América, la tasa de introducciones se disparó. Las plantas introducidas que dan sustento, fibras, medicinas, albergue y solaz a la humanidad son proporcionalmente pocas. Sin embargo, han sido introducidas en casi todas las regiones del planeta. Vertebrados pequeños y grandes fueron transportados en barcos con diversos propósitos, desde asegurar carne fresca a los navegantes en tránsito hasta intentos por abastecer la industria textil y otras. Los barcos fueron y siguen siendo una de las principales vías de introducción no intencional. La “aclimatación de las sociedades” en el siglo XIX pasó por poblar América y Australia con plantas, aves y mamíferos europeos. De esta manera, la mayoría de las especies exóticas de mamíferos arribaron en el periodo posterior a la colonización europea. La extinción de aves endémicas de las islas oceánicas se correlaciona estadísticamente de manera directa con el número de especies de mamíferos depredadores introducidos después de la llegada de los europeos. Su dispersión en ecosistemas nativos se dio en relativamente pocos años en los que prácticamente ha reemplazado la cubierta vegetal nativa y modificado los regímenes de incendios en la región.

Tomado de: Aguirre Muñoz, A., R. Mendoza Alfaro *et al.* (2009); véase texto original para las referencias en el mismo

I.1.2. Proceso de invasión biológica

Las invasiones biológicas pueden ser parte de un proceso natural de dispersión y colonización de nuevos hábitats, en las últimas décadas las actividades humanas han acelerado la dispersión de especies de diferentes grupos taxonómicos, con lo que han logrado traspasar grandes distancias, de modo que las barreras geográficas naturales que durante millones de años habían limitado el movimiento de muchas especies, se volvieron cada vez menos eficaces. Desde los primeros movimientos migratorios humanos hasta la fecha, una gran variedad de organismos siguen siendo transportados e introducidos a nuevas áreas con fines productivos.

El proceso de la invasión biológica tiene tres grandes etapas:
introducción, establecimiento y dispersión.

La **introducción de especies exóticas** puede ser no intencional, o por medios naturales (vientos, corrientes marinas, eventos climáticos extremos, entre otros).

Sin embargo, la introducción de especies exóticas es principalmente causada por las actividades humanas de manera intencional. Entre las definiciones más comúnmente usadas está la siguiente:

Introducción. Transferencia por parte del ser humano de ejemplares vivos a una nueva región, fuera del área de distribución natural de la especie o taxón (histórica o actual). Puede ocurrir dentro de un mismo país o entre diferentes países o continentes (IUCN 1999, Lever 1985). El proceso de introducción puede ocurrir de manera inadvertida o deliberada, como consecuencia de actividades humanas específicas (IUCN 1999, McNeely *et al.* 2001).

La globalización actual facilita el movimiento (o transporte, véase figura I.1.2) y la introducción de especies y existen muy diversos motivos para la introducción de especies no nativas, entre ellos podemos citar los siguientes:

- Acuicultura y pesquerías
- Acuarismo
- Pesca deportiva
- Ganadería
- Comercio de plantas de ornato
- Agricultura
- Transporte marítimo
- Transporte terrestre
- Comercio de mascotas
- Mercados formales e informales
- Desconocimiento e ignorancia

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) intercepta en las fronteras de ese país alrededor de 3,000 plagas potenciales cada año, aunque es obvio que muchas otras pasan inadvertidas. Un caso extremo es el estado de Florida, donde una de cada tres o cuatro especies de plantas es exótica (Enserink 1999). Así, en muchos casos las fronteras o límites políticos no impiden la entrada de especies exóticas, que pueden tornarse invasoras y tener efectos adversos sobre la biodiversidad, los servicios ecosistémicos, la salud y las actividades

económicas productivas. Estas fronteras políticas tampoco impiden la dispersión de especies invasoras.

El **establecimiento** de una población reproductiva viable inicia con la colonización inicial la cual se facilita cuando las condiciones ambientales del nuevo sitio son similares a las del área de distribución original. Las características que promueven la capacidad de una especie para volverse una especie invasora no son universales, aunque se ha señalado que dependen de la autoecología, ciclo de vida, tasa reproductiva, número de colonias o poblaciones locales y dependencia de la especie al disturbio.

Se ha documentado que para que una planta tenga un comportamiento invasivo o de maleza influye su habilidad de reproducirse sexual y asexualmente, crecimiento rápido desde semilla hasta la madurez sexual, y particularmente, la adaptación al estrés ambiental (plasticidad fenotípica) y una alta tolerancia a la heterogeneidad del ambiente. No obstante, muchas de las especies invasoras tienen sólo una parte de las características anteriormente descritas

Hasta ahora, los estudios realizados indican que no hay una característica biológica simple que permita predecir el éxito de invasión de las especies, pero algunas características son más comunes. En un análisis de datos globales, las malezas agrícolas tendieron a ser especies herbáceas, reproductivamente rápidas y dispersadas abióticamente, mientras que las plantas con mayor probabilidad de volverse invasores naturales fueron principalmente acuáticas o semiacuáticas, pastos, fijadoras de nitrógeno, enredaderas y árboles clonales.

Las características comunes a los colonialistas exitosos en diferentes taxones incluyen historias naturales tipo r (uso de hábitat pionero, tiempo de generación corto, alta fecundidad, y altas tasas de crecimiento) y la habilidad para cambiar entre estrategias r y K, sin embargo, muchas de estas características no han sido comprobadas. La expansión de rango en aves está relacionada con su habilidad de dispersión, una alta tasa de crecimiento poblacional y la habilidad para competir por recursos y hábitat con especies nativas, así como introducciones repetidas y asociación con humanos.

Por otra parte, en general las características de peces de agua dulce invasores incluyen tolerancia a un amplio rango de condiciones ambientales, rápida dispersión y colonización, comportamiento agresivo y competitividad y de interés a los humanos (comestible, cualidades deportivas, ornato).

Otra explicación para el éxito de las especies invasoras al competir con las especies nativas es la ausencia de enemigos, permitiéndoles crecer y reproducirse sin dicho regulador de la población.

Por otro lado, la carencia de pre-adaptación a un nuevo clima, disturbio, competencia o depredación por las especies nativas y las enfermedades, a menudo son citadas como razones para que las invasiones fallen.

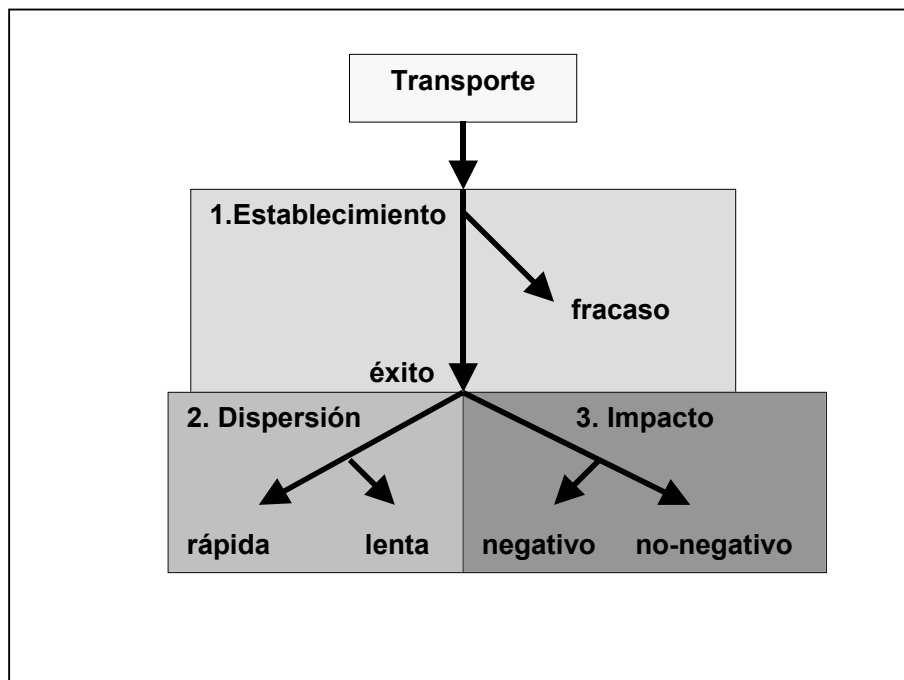


Figura I.1.2. Proceso general de las invasiones biológicas.

Establecimiento: los elementos esenciales para el establecimiento de una población viable y auto-sostenible pueden no ser consistentes para todos los taxones. El establecimiento en una comunidad natural puede requerir de distintas características a las necesarias para la entrada a un hábitat modificado por el hombre.

Una vez que la colonización y el establecimiento han ocurrido, las especies invasoras pueden diseminarse a partir de una dispersión a gran distancia (dispersión por salto), de fuentes externas (natural o auxiliada por el hombre) y a corta distancia (dispersión difusa) con expansión lateral a la población establecida. Los factores que influyen en el número de propágulos, el modo de dispersión y las tasas vitales (nacimientos, muertes) son críticos para la propagación de especies invasoras.

Dispersión: Se refiere a la capacidad de movilidad de las especies.

La dispersión natural se ha definido como el movimiento o la distancia desde el lugar de origen del organismo hasta su lugar de reproducción (Howard 1960), según el comportamiento y movilidad o los mecanismos de dispersión de semillas, en el caso de las plantas. La dispersión constituye un componente integral de la dinámica poblacional y estrategia demográfica de todos los organismos. Una especie que no se dispersa queda reducida en su lugar de origen y es más vulnerable a la extinción por cualquier aleatoriedad ambiental. La mayor parte de dispersión es de corta distancia y limitada por barreras naturales, de tal forma que pocas veces excede el área de distribución de la especie.

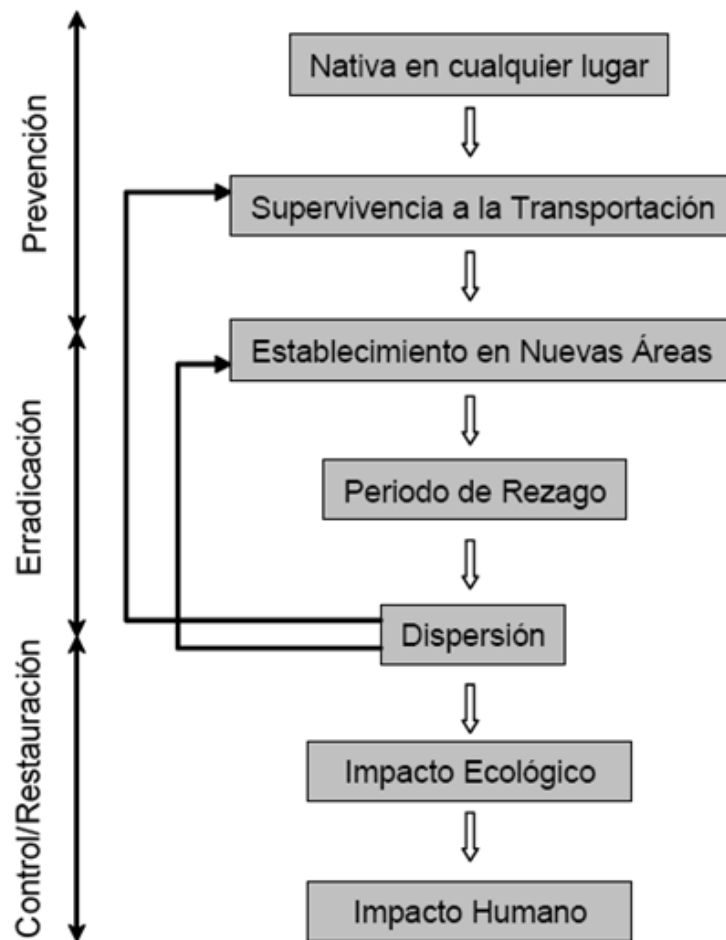


Figura I.1.3. Etapas del proceso de invasión de especies exóticas (Binnii y Landeros, 2007, tomado de Sakai *et al.* 2001).

Podemos resumir el proceso de invasión (figura I.1.3) desde la importación de una especie nativa en otra región a un país o área nueva (en este momento el organismo está en cautiverio o confinado), después se inicia la etapa de introducción cuando es liberado, escapa o vive en un medio natural, posteriormente ocurre la colonización y el establecimiento cuando constituye una población reproductora y su dispersión, para finalmente considerarse una especie invasora cuando ejerce un fuerte impacto negativo al ambiente, lo cual finalmente tiene impactos directos o indirectos en el bienestar humano. Según las estadísticas presentadas por Williamson y Fitter (1996, citado por Richardson y Pyseck, 2008) el éxito del paso de una etapa a la siguiente es, en promedio de 10% es decir, 1 de cada 10 importados logra liberarse en el medio natural, 1 de cada 10 de estos logra constituir una población y 1 de cada 10 poblaciones resulta invasora. El número de individuos y la frecuencia de introducciones pueden afectar el éxito. Sin embargo, este esquema ilustra bien las tendencias generales y el orden de magnitud de éxitos de la ocupación de áreas nuevas por especies exóticas. Sin embargo, este porcentaje (o probabilidad) puede cambiar debido a otros factores tales como el cambio climático (figura I.1.4).

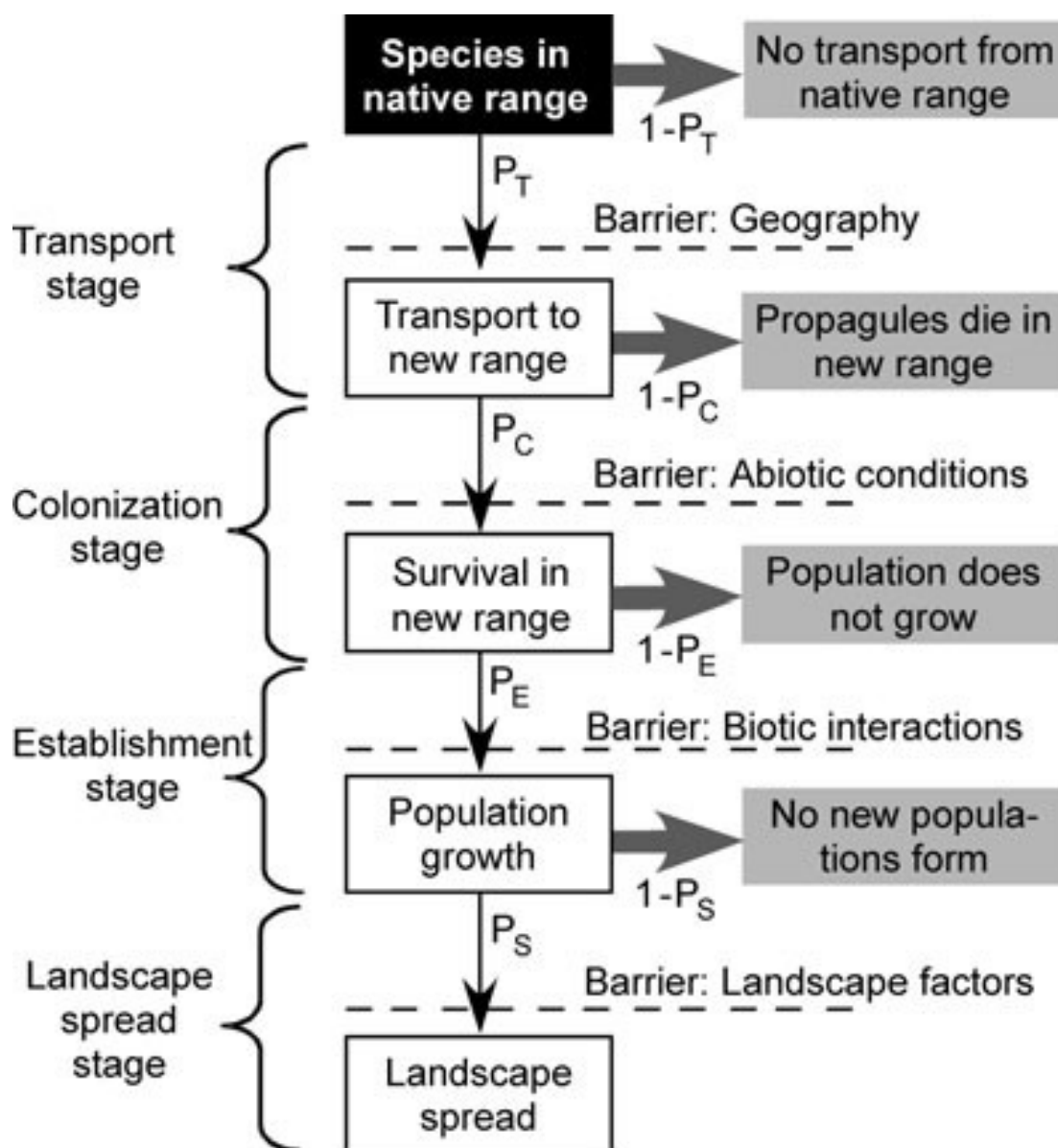


Figura 1.1.4. Modelo conceptual del proceso de invasión de una especie. Las probabilidades de transición entre los cuatro estadios de invasión se marcan como P_i . Las flechas horizontales indican las transacciones clave que puede ser afectadas por el cambio climático (Hellman *et al.* 2008).

Otro aspecto fundamental a resaltar es lo que se conoce como la presión de propágulo (figura 1.1.5). Se reconocen dos estados de la invasión que generalmente coinciden con diferentes respuestas de manejo. La presión del propágulo es un continuo en donde una mayor presión lleva a una mayor posibilidad de establecimiento y dispersión en periodos de tiempo más cortos. Si la dispersión involucra grupos pequeños de organismos que se dispersan, cada grupo debe ser capaz de establecerse en un área diferente. El establecimiento o la dispersión

subsecuente puede inhibirse cuando los grupos se ven limitados por las condiciones ambientales de un ambiente en particular.

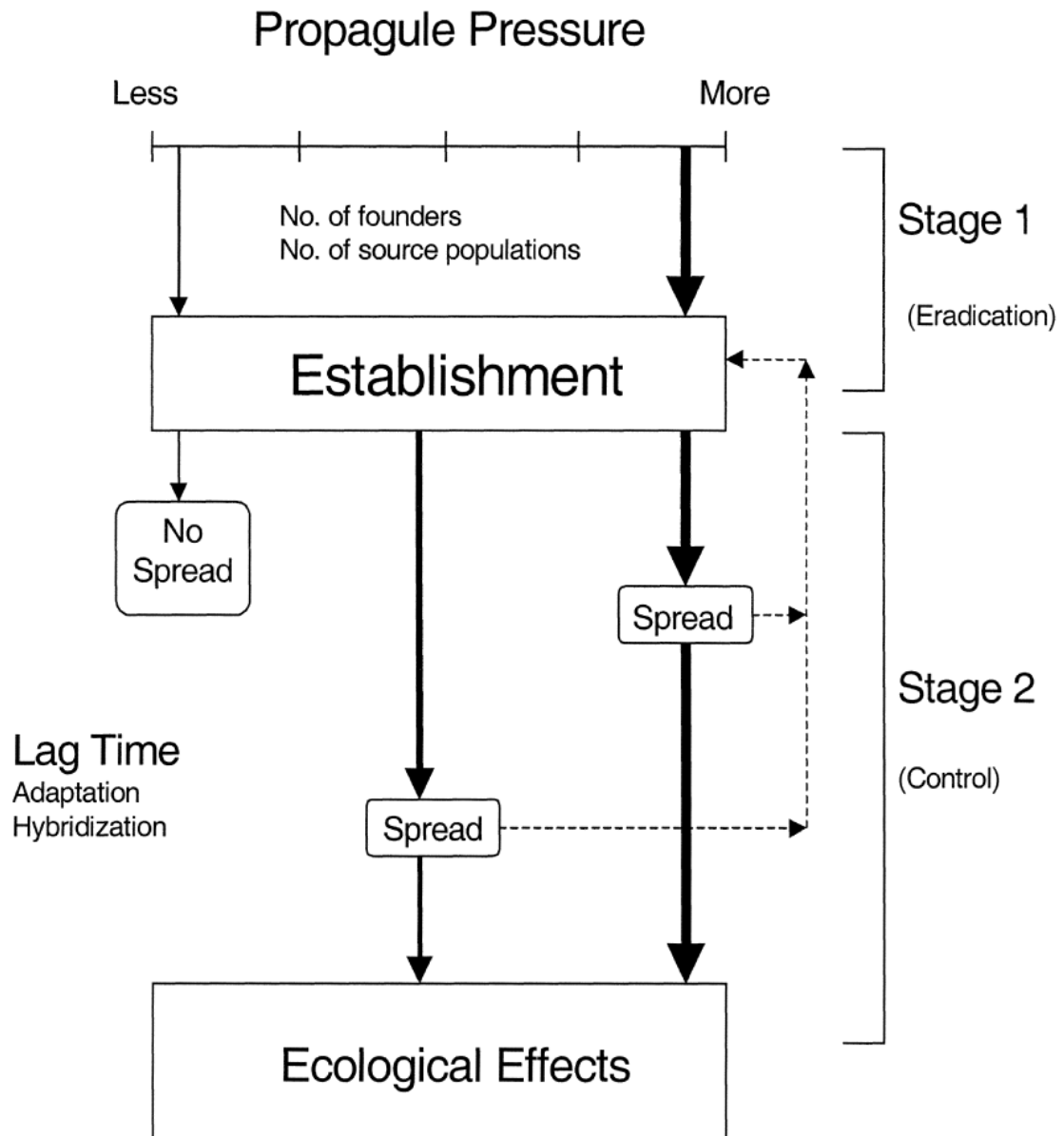


Figura I.1.5. Modelo sobre la presión del propágulo en el establecimiento y dispersión de especies invasoras, bajo dos respuestas de manejo (erradicación y control). Tomado de Lodge *et al.* 2008.

Control. Mantenimiento de una población de determinada especie dentro de ciertos niveles o debajo de un umbral (en términos de número de individuos de la población y su área de distribución), dentro del cual el impacto negativo sobre los recursos naturales o en particular de las especies nativas es prácticamente eliminado, tolerable o aceptable (Parkes 1993).

Erradicación. Remoción permanente de la población entera de una especie dentro de un área y tiempo determinados (Parkes 1993).

Para enfrentar la introducción, dispersión y el establecimiento de las especies invasoras y sus efectos nocivos se requiere conocer el proceso de invasión (figura I.1.6), así como llevar a cabo acciones coordinadas de todos los sectores, guiadas por una estrategia consensuada que identifique las prioridades de acción en el tema. Por ello, se cuenta ya con La *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México*, que propone una visión a diez años, tiempo en el cual México deberá consolidar sus sistemas de prevención, control y erradicación —de manera que los impactos negativos de las especies invasoras se reduzcan significativamente— y orientar la participación y el trabajo coordinado de instituciones y sectores clave de la sociedad.

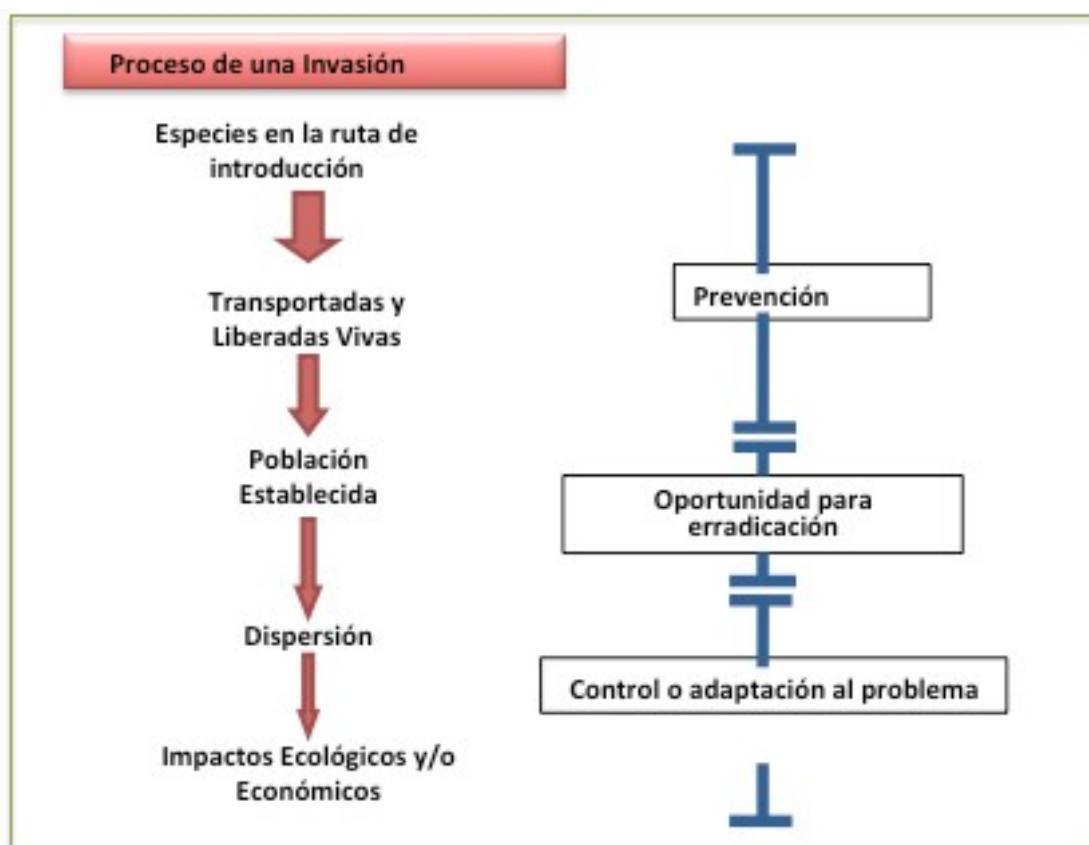


Figura I.1.6. Acciones de manejo acordes al proceso de una invasión biológica (Modificada de Lodge *et al.* 2006).

Uso de especies exóticas en actividades productivas



El uso de especies exóticas en actividades productivas (agricultura, ganadería, acuicultura, silvicultura, producción y venta de plantas de ornato) ha sido muy amplio desde hace más de un siglo. A estos usos se suma la reciente producción de plantas para biocombustibles, que también contribuyen a satisfacer la demanda, siempre en aumento, de servicios de la población. Sin embargo, en varios casos, ha tenido costos muy altos desde el punto de vista ambiental. Algunos de ellos directos, como la pérdida de la biodiversidad y la introducción y propagación de parásitos y enfermedades, y otros indirectos, que han incrementado los efectos negativos de otros factores de presión, como la deforestación de selvas y bosques, el sobrepastoreo de matorrales desérticos, la disminución del acceso a recursos hídricos, la erosión de suelos y la contaminación con agroquímicos, entre otros.

En el norte del país, 80% de las introducciones de flora para diferentes fines (alimentación, ornato, reforestación, investigación) son especies que provienen de África, Asia y Europa, como resultado de la colonización y dominación española. La familia Poaceae es la que registra mayor número de especies introducidas al país. Entre las especies que destacan están los pastos introducidos, como el zacate buffel (*Pennisetum ciliare*), el zacate llanero (*Andropogon gayanus*), el zacate Tanzania (*Panicum maximum*) y el zacate Bermuda (*Cynodon dactylon*). Estos pastos se introdujeron intencionalmente por la disponibilidad de tecnologías para su cultivo y se han utilizado para el control de la erosión, la estabilización de orillas de carreteras y canales o para forraje de ganado. En general, son especies con facilidad de adaptación, rápido crecimiento, resistencia a la sequía y alta productividad de biomasa. Su adaptación ha sido exitosa debido a la similitud de condiciones climáticas entre las áreas de introducción y la distribución original.

Tomado de: Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010), véase texto original para las referencias en el mismo

I.1.3. Rutas de introducción

Las rutas o vías de introducción de las especies invasoras son múltiples y variadas, debido, entre otros factores, a la deficiencia en la vigilancia de los sistemas fronterizos y la falta de medidas de prevención y control en estos.

El movimiento de los organismos y la colonización de nuevos sitios han ocurrido de manera natural a lo largo del tiempo. Por ello, no se pueden soslayar las vías de dispersión natural, como el caso de los ríos, cuyo movimiento entre cuencas es libre, o las corrientes marinas que facilitan el movimiento sin control de miles de especies, y la vía aérea para el caso de las aves (Aguirre *et al.* 2009).

Sin embargo, en el último siglo, la globalización y el incremento en la eficacia del transporte — terrestre, aéreo y acuático— han propiciado la entrada masiva, intencional o accidental, de especies no nativas a los ecosistemas. La modernización del transporte, las vías de comunicación y la apertura de nuevas rutas comerciales, el movimiento intencional y accidental de especies exóticas se incrementó hasta alcanzar niveles sin precedentes (figuras I.1.7 y I.1.8). Al mismo tiempo, los cambios en el uso de suelo, la alteración de los ecosistemas y el cambio climático están incrementando la vulnerabilidad de muchos hábitats a las invasiones, aun en las áreas naturales más remotas.

Ruta de introducción. Es el proceso por el que se traslada una especie de la región donde es nativa a una nueva área a la que no llegaría por dispersión natural; los vectores son los mecanismos por los cuales se transporta dicha especie (Lockwood *et al.* 2007). Estos vectores son los medios, actividades o productos por medio de los cuales una especie exótica puede ser transportada a un nuevo entorno, sea de manera intencional o accidental (Koike *et al.* 2006).

La identificación de las rutas de introducción es una herramienta clave para prevenir la entrada y dispersión de especies invasoras.

Las **rutas de introducción naturales** incluyen vientos, corrientes u otros medios naturales, para los cuales las especies han desarrollado adaptaciones morfológicas o de comportamiento. Las **rutas de introducción artificiales** son aquellas que se abren o se incrementan como resultado directo de las actividades humanas. Éstas se pueden dividir en dos tipos: **rutas de introducción intencionales**, cuando resultan del transporte, comercio, manejo y liberaciones intencionales de organismos o propágulos, y **rutas de introducción no intencionales**, que transportan especies de manera indirecta, por ejemplo, las actividades asociadas a la construcción de infraestructura y vías de comunicación, aguas de lastre, organismos adheridos a los cascos de los buques, tierra para jardinería o viveros, importación de alimentos o turismo. Se han reconocido tres categorías generales de *rutas de introducción*: las primeras están relacionadas con el transporte de personas y bienes; las segundas, asociadas con comercio de organismos vivos y sus productos, y las terceras incluyen las consecuencias de otras actividades humanas y causas naturales (Kriesch 2007).

El análisis y manejo de las rutas de introducción consiste en identificar en las diferentes etapas del proceso, desde su inicio hasta su destino, los posibles vectores y las especies que pueden ser transportadas a lo largo del mismo, para establecer acciones de detección, prevención y monitoreo. Algunos de los factores que deben considerarse son la velocidad de los vectores, la frecuencia de los viajes, la temporada del año, la cantidad de individuos, el tipo de especies susceptibles de ser transportadas y la similitud del área receptora con la región de origen, entre otros.

No todas las invasiones presentan señales claras que permitan determinar su ruta de introducción. Esto obstaculiza la puesta en marcha de las medidas necesarias para evitar la permanencia de la ruta. Algunas especies exóticas pueden estar presentes sin causar daños en un lugar determinado durante largos períodos y, por lo tanto, pasar inadvertidas. Ejemplo de ello son algunas especies de árboles o arbustos introducidos en un ecosistema en el que carecen de medios para reproducirse (por ejemplo, el polinizador específico). Estas especies sobreviven y no presentan comportamientos invasivos hasta la llegada, varios años después, del polinizador adecuado, introducido de manera accidental o intencional (Espinosa-García 2009). En estos casos, debido al lapso de tiempo que puede transcurrir entre estos dos eventos, es imposible trazar los pasos que trajeron a la especie original al nuevo hábitat. El monitoreo de las rutas de introducción y sus vectores es una de las principales herramientas que se deben considerar en el combate a las especies invasoras.

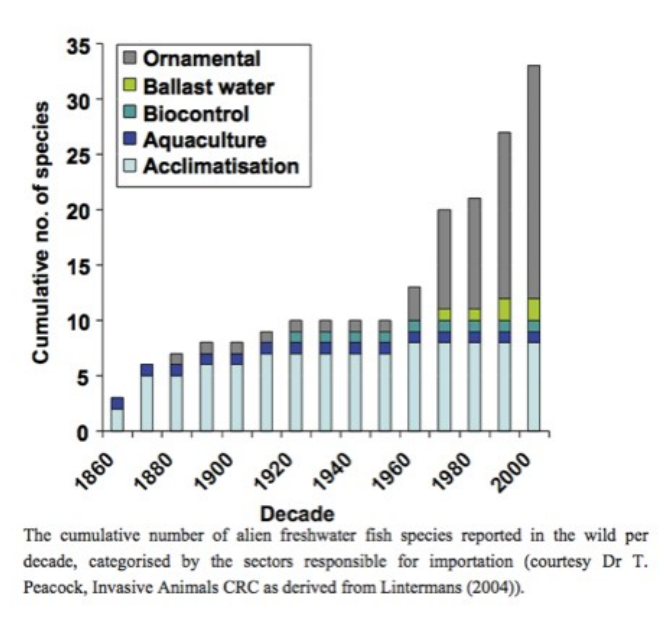


Figura I.1.7. Número acumulativo de especies de peces reportadas en vida silvestre, por década, categorizadas por los sectores responsables de las importaciones.

Podemos clasificar a las rutas como (CONABIO 2010):

- **Rutas de introducción relacionadas con el transporte**

Los factores relacionados con el transporte de personas y bienes son una fuente importante de movimiento de organismos en el mundo (Figuras I.1.8 y I.1.9). Los medios de transporte actuales

permiten un intercambio de productos y personas relativamente rápido entre regiones geográficamente lejanas. Esto facilita la sobrevivencia de organismos o propágulos que son transportados de manera accidental o intencional a través de estas vías.

Las rutas de introducción catalogadas en este rubro incluyen los medios de transporte en sí (aviones, barcos, trenes, automóviles, etc.), el equipo y vehículos militares, los productos utilizados para el embalaje y envíos (contenedores, cajas, materiales de empaque, tierra y arena), las compañías de correo o envíos rápidos, la industria de viajes y empresas que proveen servicios al turismo (recreacional o de traslado permanente) y a sus diferentes partes, los viajeros, el equipaje o los alimentos consumidos durante los viajes. También engloba a animales y plantas transportados por motivos recreacionales (por ejemplo, eventos deportivos, competencias).

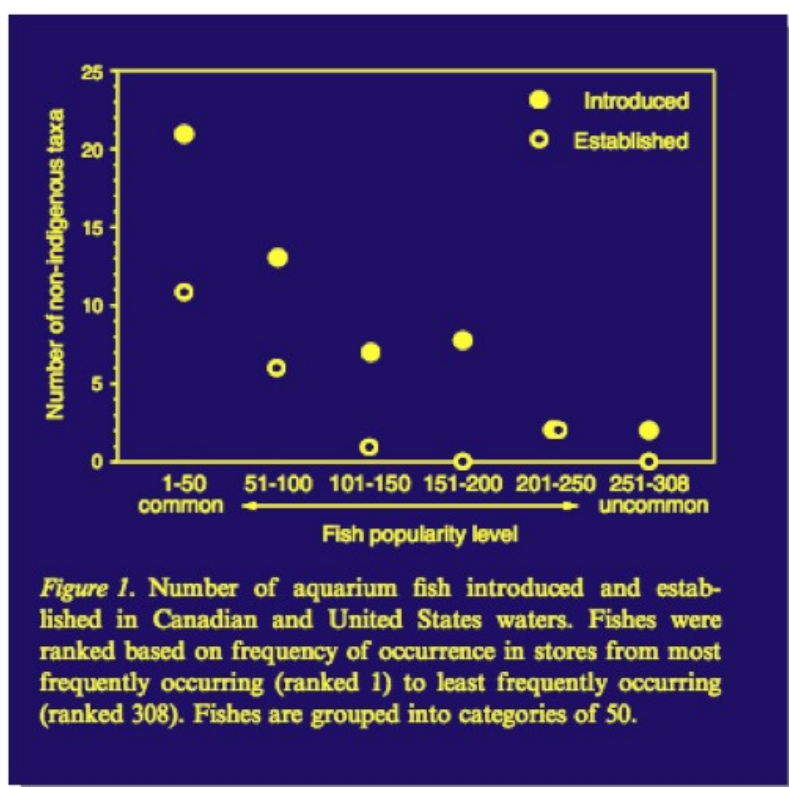


Figura I.1.8. Número de peces de acuario introducidos y establecidos en aguas de Canadá y los Estados Unidos. Tomado de Dougan *et al.* (2006).

- **Rutas de introducción relacionadas con el comercio**

El comercio de organismos vivos y sus productos son una fuente importante de introducción de especies exóticas. Debido a la disponibilidad de productos de otras regiones, los consumidores son cada vez más propensos a utilizar ingredientes o productos provenientes de otras partes del mundo.

Entre estos encontramos a productos animales o vegetales para consumo humano como mariscos y peces vivos, frutas y verduras y otros productos frescos y productos o subproductos procesados de manera parcial o total (congelados, pieles, trofeos, paja, canastos, etc.).

También incluye la demanda de plantas acuáticas y terrestres para agricultura, jardinería, horticultura o investigación, que presentan un riesgo a través de las plantas en sí, sus semillas y propágulos (bulbos, raíces, tubérculos, ramas, etc.), los medios de crecimiento (tierra, terrones, césped, turbas, arenas) y los fertilizantes o materiales asociados a las mismas. Se añaden los organismos importados como parte del comercio relacionado con diferentes actividades como el acuarismo, la acuicultura, la carnada viva para la pesca deportiva, la peletería, así como actividades cinegéticas, carreras de animales, zoológicos, circos, criaderos e investigación.

No sólo hay que tomar en cuenta el riesgo que presenta el organismo en sí que es transportado por una ruta de introducción, sino que deben considerarse que son vías de transporte de parásitos, enfermedades, hongos, insectos.

Además, debemos considerar que internet ha facilitado y ampliado el comercio.

- ***Rutas de invasión relacionadas con otras actividades humanas***

Diversas actividades humanas tienen un impacto severo en la dispersión y establecimiento de especies invasoras. En particular, la perturbación a los ecosistemas por la deforestación, la apertura de carreteras, la minería, el cambio de uso de suelo, e incluso el control biológico, la unión de cuerpos de agua previamente aislados, canales, vertederos etc. Existe evidencia de que los ambientes más perturbados o más homogenizados son más susceptibles de ser invadidos por especies exóticas, por lo que estas actividades facilitan no sólo el movimiento de especies a zonas nuevas sino que proveen condiciones para su establecimiento.

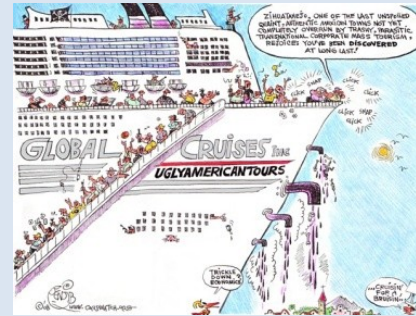
Es muy probable que el cambio climático incremente la pérdida de especies en algunos ecosistemas, sobre todo aquellas con rangos geográficos o climáticos restringidos, tasas de dispersión lentas y pequeñas poblaciones. Este cambio va a facilitar la dispersión de especies con características invasoras (facilidad de dispersión, adaptabilidad, etc.) hacia sitios a los que no habían podido llegar hasta ahora debido a restricciones climatológicas.

- ***Rutas de introducción relacionadas con fenómenos naturales***

Los eventos climáticos extremos como huracanes o inundaciones son capaces de trasladar organismos o propágulos a través de grandes distancias. Al parecer la palomilla del nopal, cuyos fue transportada por los fuertes vientos del huracán Wilma desde las islas del Caribe hasta Isla Mujeres y Cancún, en la península de Yucatán.

Estos fenómenos hidrometeorológicos, como los medios naturales de dispersión de las especies, están fuera del control del hombre para su regulación; sin embargo, deben de considerarse como una ruta importante de entrada y se deben de tomar medidas adecuadas de prevención y monitoreo después de cada ocurrencia.

Aguas de Lastre



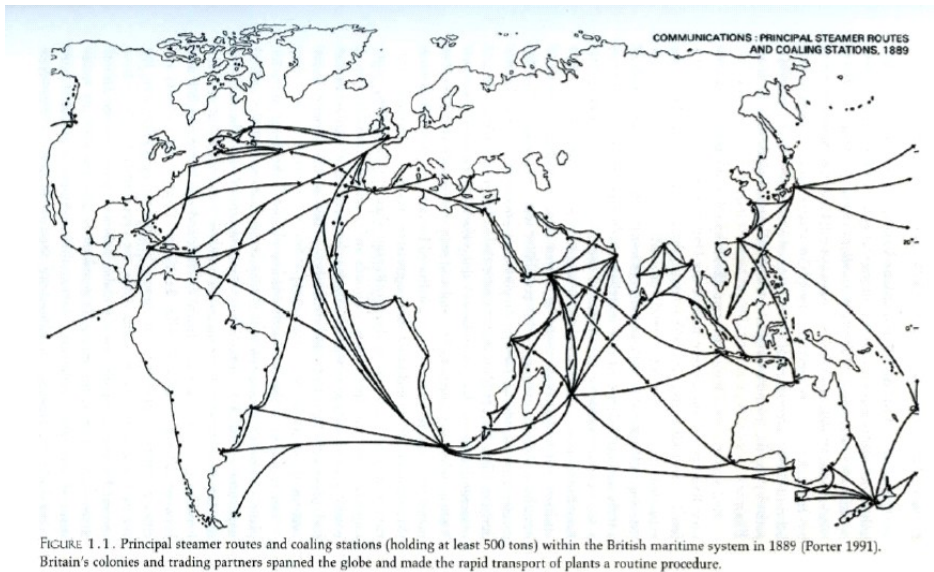
El agua de lastre se utiliza para mantener el nivel del calado y la estabilidad del buque, aspecto importante para la adecuada propulsión, facilidad de maniobras y compensación de la pérdida de peso originada por el consumo del combustible. Debido al agua de lastre se ha incrementado significativamente la cantidad de plancton e invertebrados exóticos introducidos en diferentes regiones; dichas invasiones afectan severamente a los ecosistemas marinos y estuarinos.

Se calcula que anualmente se transfieren 10 mil millones de toneladas de agua de lastre y cerca de 3 mil especies de plantas y animales son transportadas diariamente por este medio en todo el mundo. En Australia, hay estudios que revelaron que se pueden encontrar más de 50 mil especies de zooplancton y 10 millones de organismos fitoplanctónicos en un metro cúbico de agua. Por ello, desde la década de los ochenta, cuando se descubrió que los florecimientos de dinoflagelados tóxicos de origen exótico eran los que implicaban un mayor costo económico y afectaciones a la salud humana se investigó activamente el agua de lastre y se desarrolló una estrategia de manejo para especies invasoras marinas.

Las especies introducidas por aguas de lastre pueden causar los siguientes problemas:

- a) Problemas de salud, como el cólera o diferentes parasitosis que afectan al hombre, a los animales y a las plantas, incluyendo organismos de la acuicultura. Por ejemplo, problemas relacionados con las mareas rojas y el incremento de su frecuencia a nivel global o el fenómeno del Síndrome Paralítico por consumo de moluscos (PSP)
- b) Depredación de especies nativas y afectación del hábitat.
- c) Contaminación, como el bloqueo de tuberías y la clarificación de los cuerpos de agua asociados con la propagación de moluscos exóticos.

Tomado de: Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010), véase texto original para las referencias en el mismo



Figural.1.9. Rutas del sistema marítimos Británico en 1889, que transportaban cargas de carbón con al menos 500 toneladas. Estas rutas se iniciaron siguiendo las corrientes oceánicas y de vientos, pero se multiplicaron rápidamente conforme se incrementó el comercio y estaciones de abasto, que ya sumaban 256 en 1889 (véase Mack 2003).

Si bien la prevención de nuevas introducciones es una clara prioridad en las políticas nuevas, las acciones de manejo dirigidas a las invasiones ya establecidas deben atenderse también, con opciones en las etapas siguientes a la colonización. La erradicación exitosa de invasiones ya establecidas es poco probable en muchos casos, aun con el desarrollo de capacidades en la detección temprana (que se discute en la siguiente sección). Pero lo que es esencial tener en cuenta, en un programa de control o de erradicación es considerar los aspectos de dispersión y abundancia que se requieren en cada evento de invasión. En contraste, las estrategias para prevenir nuevas invasiones están dirigidas a los mecanismos clave de transferencia o **vectores**. El manejo de dichos vectores puede ser usado para prevenir de manera simultánea toda la transferencia de un ensamble (que incluye especies de interés y las que no son potencialmente invasoras) (Ruiz y Carlton 2003).

I.1.4. Principales impactos

En todo el mundo se ha demostrado que las especies exóticas invasoras causan graves daños a la biodiversidad, perjudican los servicios ambientales y por consiguiente el bienestar humano. En el ámbito nacional los impactos de las especies exóticas no han sido cuantificados; sin embargo, los datos disponibles indican que son muchos los ecosistemas afectados. Ejemplo de ello es que se tiene una buena aproximación sobre el número de plantas no nativas a escala nacional (Espinosa-García *et al.* 2009), pero actualmente no se sabe con certeza cuál es su distribución ni cuáles son sus tamaños poblacionales.

Las especies invasoras pueden llegar a causar la extinción de poblaciones y especies nativas (Wilcove *et al.* 1998), la degradación de los ambientes acuáticos y terrestres (Carlton 2001; D'Antonio y Kark 2002), particularmente los insulares (Veitch y Clout 2002), la alteración de los procesos y funciones ecológicas y la modificación de los ciclos biogeoquímicos (D'Antonio y Vitousek 1992).

También se ha documentado que las especies invasoras causan deterioro en los servicios ambientales, afectan la producción de alimentos y pueden ser devastadoras en ecosistemas agropecuarios; dañan la infraestructura pública, degradan las tierras de cultivo, incrementan la vulnerabilidad a sufrir embargos comerciales, afectan la calidad del agua y los paisajes de valor turístico e histórico; por todo esto, sus impactos pueden significar elevados costos, tanto por el daño directo como por el gasto invertido en su control o erradicación (Pimentel *et al.* 2000; 2001; 2005).

Los ambientes acuáticos en particular han demostrado ser extremadamente sensibles; aproximadamente 40% de las extinciones de especies que habitan estos ambientes han estado relacionadas con la depredación, el parasitismo o la competencia por especies invasoras. Se estima que la tasa de extinción en los ambientes acuáticos, particularmente en los dulceacuícolas, es cinco veces mayor que en los ambientes terrestres (Ricciardi y Rasmussen 1999).

La biodiversidad insular es especialmente vulnerable a las especies introducidas debido a que en estos ambientes hay una alta proporción de especies endémicas que carecen de mecanismos de defensa ante las especies exóticas con las cuales no coevolucionaron. Los efectos observados son la extinción en tiempos muy breves por competencia, depredación o patógenos (Primack 2002). Para la avifauna de las islas en particular, el riesgo de extinción es cuarenta veces más alto que para las especies continentales. A nivel global, 869 especies reportan como extintas. La extinción de especies insulares ha sido entre 500 y 700% mayor que en el territorio continental. Las especies invasoras están consideradas como la primera causa de pérdida de biodiversidad en el territorio insular. El 62% de los mamíferos, 88% de las aves, 54% de los anfibios, 86% de los reptiles y 68% de los moluscos reportados como extintos corresponden a especies insulares. Muchas de las extinciones de aves en islas han sido resultado directo de la introducción de vertebrados exóticos. En las islas de México, 12% de las aves endémicas y 20% de los mamíferos endémicos se han extinguido a causa de las especies introducidas; por ejemplo, los gatos ferales en los ecosistemas insulares han causado la extinción de al menos diez roedores endémicos de las islas del noroeste (Aguirre-Muñoz *et al.* 2009).

Las especies nativas en riesgo se enfrentan a más de una amenaza a la vez por lo que en muchos casos es complicado discernir cuáles son las causas directas e indirectas y en qué grado actúan sinérgicamente para provocar la situación de riesgo. Las interacciones entre los diversos factores de amenaza son complejas y han sido poco estudiadas, lo que hace difícil evaluar su importancia relativa. Según sea el caso, las especies invasoras pueden ser la causa principal, la variable que precipite la extinción, un elemento que contribuye marginalmente o no tener efecto alguno en la pérdida de biodiversidad (Gurevitch y Padilla 2004).

A pesar de que no todas las especies exóticas se vuelven invasoras, o al menos no en un corto periodo de tiempo, los efectos potenciales de una especie no nativa son impredecibles y pueden llegar a ser devastadores, por lo que la defensa más eficiente es la prevención, seguida por la detección y erradicación temprana (DET). Los beneficios de la inversión requerida por un sistema de prevención o DET compensan ampliamente las pérdidas provocadas por actuar tardíamente. La capacidad de identificar especies potencialmente invasoras, además de contribuir a establecer medidas regulatorias para evitar su entrada durante las importaciones, contribuye al uso eficaz de los recursos destinados para lidiar con especies exóticas ya establecidas, particularmente aquellas que están en etapas tempranas de invasión (Kolar 2004).

El control y la erradicación de las especies invasoras no representan un objetivo de conservación en sí mismo, sino un instrumento fundamental para alcanzar la conservación de la biodiversidad y mantener el funcionamiento de los procesos ecológicos que son el sustento de los bienes y servicios que requerimos para nuestra vida diaria. Por lo tanto, es absolutamente necesario que el país haga frente a esta amenaza global conjuntando esfuerzos y estableciendo una estrategia nacional que integre la prevención, la detección, la respuesta rápida, el control y la erradicación de especies invasoras, en función de las prioridades determinadas tanto por las amenazas como por la biodiversidad en riesgo, para mantener la salud de los ecosistemas y, en consecuencia, el bienestar social y económico del país.

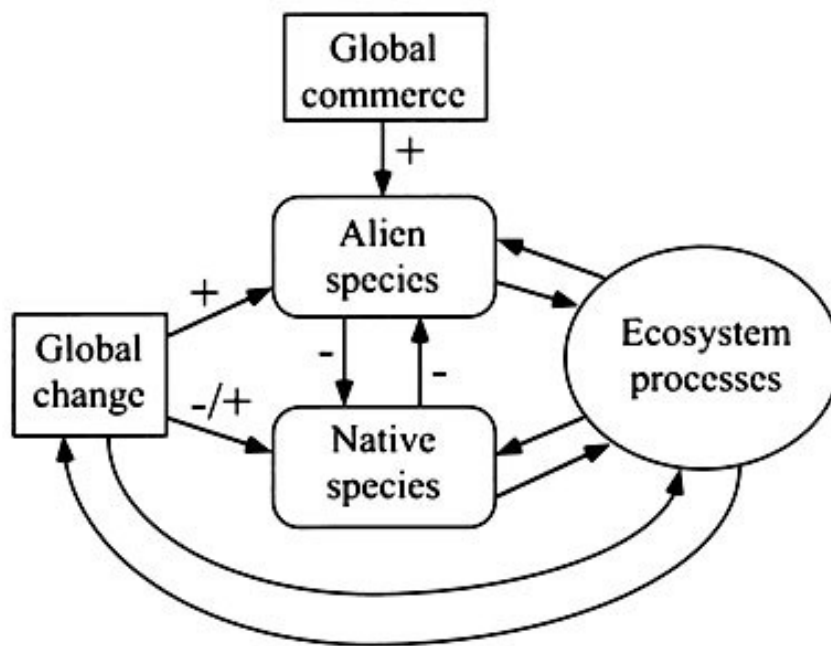
Los problemas relacionados con las especies exóticas invasoras son complejos y vastos; no obstante, el mayor obstáculo es que el tema es relativamente poco conocido y, en consecuencia, subestimado (Espinosa-García *et al.* 2009).

En México, como en otras regiones del mundo, se han introducido numerosas especies exóticas. Su impacto sobre la biodiversidad local había pasado casi inadvertido hasta hace pocos años, pero los problemas que causan deben ser atendidos por varios sectores, porque se pueden afectar actividades agropecuarias, forestales y pesqueras, comerciales, de transporte, turísticas, sanitarias, aduanales y para la conservación de la diversidad biológica, entre otras.

Por otra parte, la cooperación con los países de la región se hace imprescindible, debido a que ni los ecosistemas ni las especies reconocen fronteras geopolíticas. Debido a que compartimos ecosistemas con los países vecinos una vez que éstos tienen una invasión biológica hay condiciones para facilitar el movimiento de especies invasoras. Igualmente, el creciente intercambio comercial, propiciado por los tratados de comercio internacional y la actual globalización, ha facilitado el paso de especies de un país a otro con el consiguiente riesgo de invasiones biológicas. De aquí se deriva la necesidad de compartir medidas preventivas y de control.

Las medidas más inteligentes y eficaces para evitar nuevas introducciones son, sin duda, la prevención —incluida la educación al público en general— y la investigación científica, necesaria para establecer las medidas idóneas.

Debido a la magnitud del problema y sus consecuencias, es preciso formar una red de colaboración e involucrar a todas aquellas entidades públicas y privadas que por sus actividades puedan estar relacionadas con esta problemática (sector civil organizado, empresas, asociaciones comerciales), así como a los ciudadanos, quienes muchas veces son protagonistas inconscientes de nuevas introducciones, además de ser parte fundamental de la solución.



Figural.1.10. Modelo conceptual de las interacciones entre las especies invasoras, las especies nativas, los procesos de los ecosistemas, el comercio mundial y el cambio global. Las flechas muestran las direcciones de la influencia y los símbolos cercanos a las flechas (en orden descendiente +, -/+, -) indican si una influencia dada es generalmente positiva o negativa. Debido a que los “procesos de los ecosistemas” implican diversos elementos independientes, que no son fáciles de generalizar las flechas de este componente se dejaron en blanco). El transporte mundial ha traído numerosas especies invasoras a nuevas regiones, donde algunas de estas han causado la extinción de poblaciones de especies nativas. Juntas, las especies nativas y las invasoras modulan los procesos del ecosistema. Elementos del cambio global como la deposición de nitrógeno, la fragmentación de los hábitats y el cambio global afectan tanto los procesos de los ecosistemas como el balance entre las especies nativas e invasoras (Dukes y Mooney 1999).



Organismos del suelo: la dimensión invisible de las invasiones por plantas no nativas

La estructura y dinámica de las comunidades vegetales están fuertemente determinadas por las relaciones que establecen las distintas especies vegetales con los suelos que ocupan. Este papel modelador del suelo se debe no solo a la restricción impuesta por las características químicas y físicas edáficas sino también a la biota residente que tiene un efecto directo en el desempeño de las plantas. La biota edáfica se encarga de procesos fundamentales para el ecosistema como son la descomposición y el reciclado de los nutrientes. Además, en la rizosfera existen organismos que forman asociaciones mutualistas o parasíticas con las raíces de distintas especies vegetales y tienen, por tanto, un fuerte impacto en la supervivencia y crecimiento de estas especies. Aunque no son muy numerosos, los estudios realizados hasta la fecha demuestran que las plantas invasoras provocan grandes alteraciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos invadidos, las cuales pueden tener un impacto importante en el funcionamiento del ecosistema. Además, las interacciones establecidas entre las plantas no nativas y el suelo invadido pueden dar lugar a procesos de retroalimentación positivos que refuerzan la invasión y limitan la resistencia y resiliencia a la invasión del ecosistema afectado.

Tomado de Rodríguez-Echeverría (2009)



Restaurando el balance: el uso de especies exóticas para controlar especies exóticas invasoras

Las especies invasoras amenazan los hábitats naturales en el mundo y se requiere de manejo humano para prevenir la invasión, contener la expansión o remediar ecosistemas después de la degradación de hábitats. El control biológico, el uso de organismos de niveles tróficos superiores cuidadosamente seleccionados que utilizan la

especie exótica como recurso reduciéndola a densidades menos dañinas, es una poderosa tecnología para el manejo de especies invasoras en hábitats sensibles. Muchos en la comunidad de biólogos de la conservación consideran esta tecnología de manejo de plagas como de alto riesgo por el daño colateral potencial a otras especies. Los beneficios potenciales de programas biológicos exitosos son la reducción de usos de pesticidas y un regreso a condiciones ecológicas similares a las observadas antes de la llegada de la plaga. El control biológico como estrategia de manejo de plagas tiene limitaciones; algunas especies de plagas pueden no ser blancos adecuados para el control biológico porque sus enemigos naturales pueden no ser lo suficientemente específicos y constituir una amenaza para otras especies. En algunos casos han ocurrido impactos sustanciales porque los enemigos naturales generalistas, utilizados como parte de un programa de control biológico, utilizaron otros recursos intensivamente además de la especie focal. Para minimizar los impactos no deseados, las regulaciones de la liberación de enemigos naturales son cada vez más estrictas como se evidencia en Nueva Zelanda y Australia. La Organización de Alimentos y Agricultura está impulsando códigos voluntarios de buenas prácticas para promover la adopción generalizada de medidas de seguridad, que, de ser observadas, deben resultar en la selección de agentes con altos niveles de fidelidad de huésped y de hábitat. Los programas de control biológico en apoyo a la conservación se han enfocado tradicionalmente en especies herbáceas que amenazan las áreas naturales. Más recientemente, las plagas de artrópodos exóticos que compiten con la fauna nativa o dañan plantas nativas se han convertido en el blanco de programas de control biológico orientados a la conservación. La extensión del control biológico a nuevas especies de importancia para la conservación, tales como los invertebrados acuáticos invasores y vertebrados plaga, está garantizada. En muchos casos, los programas de control biológico cuidadosamente orquestados contra especies seleccionadas apropiadamente pueden ser la única forma factible de controlar especies invasoras que afectan a comunidades bajo asalto de exóticas cuando las opciones de prevención, contención y erradicación se hayan agotado o se consideren no factibles.

Tomado de Hoodle (2004)

Referencias

- Aguirre Muñoz, A., R. Mendoza Alfaro *et al.* 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, pp. 277-318
- Carlton, J.T. 2001. *Introduced species in U.S. coastal waters. Environmental impacts and management priorities*. Arlington, Estados Unidos.
- CDB. 2009. Conferencia de las Partes COP 6, Decisión VI/23: *Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las especies*. Convenio sobre Diversidad Biológica. Disponible en <[www.cbd.int/decision/ cop/?id=7197](http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7197)> (consultado en julio de 2010).
- CONABIO. 2010. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. www.conabio.gob.mx/invasoras
- D'Antonio, C.M. y S. Kark. 2002. Impacts and extent of biotic invasions in terrestrial ecosystems. *TRENDS in Ecology and Evolution* **17**(5):202-204.
- D'Antonio, C.M. y P.M. Vitousek. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics* **23**: 63-87.
- DOF 2007. Diario Oficial de la Federación. Primero de febrero 2007
- DOF. 2010. *Ley General de Vida Silvestre*. Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la LGEEPA y de la LGVS. Diario Oficial de la Federación, 6 de abril de 2010.
- Duggan, I.C., A.M. Corinne, M. Rixon y H.J. MacIsaac. 2006. Popularity and Propagule Pressure: Determinants of Introduction and Establishment of Aquarium Fish. *Biological Invasions* **8**(2):377-382.
- Dukes, J.S. y H.A. Mooney. 2004, Disruption of ecosystem processes in western North America by invasive species. *Rev. chil. hist. nat.* [online]. **77**(3): 411-437. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2004000300003&lng=es&nrm=iso>. doi: 10.4067/S0716-078X2004000300003.
- Enserink M. 1999. Biological invaders sweep in. *Science* **285**:1834–1836.
- Espinosa-García, F.J. 2009. Invasive weeds in Mexico: Overview of awareness, management and legal aspects. En: *Memoria del Seminario michoacano sobre la problemática ambiental de las especies introducidas. Caso Eucalyptus*. Morelia.
- Espinosa-García, F.J., J.L. Villaseñor y H. Vibrans. 2009. Mexico: Biodiversity, distribution and posible economic impact of exotic weeds. En: T.R. Van Devender, F.J. Espinosa-García, B.L. Harper-Lore y T. Hubbard (eds.). *Invasive plants on the move: Controlling them in North America. Based on presentations from Weeds across borders 2006 conference*. Arizona-Sonora Desert Museum. Tucson, pp. 43-52.
- FAO. 2004. *Directrices para el análisis de riesgo de plagas. Normas Internacionales para medidas fitosanitarias. Sección 1, Reglamentación para la importación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Gurevitch, J. y D.K. Padilla. 2004. Are invasive species a major cause of extinctions? *TRENDS in Ecology and Evolution* **19**(9):470-474.
- Hoodle, M.S. 2004. Restoring Balance: Using Exotic Species to Control Invasive Exotic Species. *Conservation Biology* **18**(1):38-49.
- IPPC. 2009. *NIMF No. 5 Glosario de términos fitosanitarios*. International Plant Protection Convention. Roma.
- IUCN. 1999. Especies Invasoras Exóticas, *Cuarta Reunión del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico*. International Union for Conservation of Nature. Montreal.

- Hellmann, J.S., J.E. Byers, B.G. Bierwagen, J.S. Dukes. 2008. Five Potential Consequences of Climate Change for Invasive Species. *Conservation Biology* **22**(3):534-543.
- Koike, F., M.N. Clout, M. Kawamichi, M. DePoorter y K. Iwatsuki. 2006. *Assessment and control of biological invasion risks*. Shoukadoh Book Sellers e IUCN. Kyoto y Gland, Suiza.
- Kolar, C. 2004. Risk assessment and screening for potentially invasive fishes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **38**: 391-397.
- Kriesch, P. 2007. *Training and Implementation Guide for Pathway Definition, Risk Analysis and Risk Prioritization*. National Invasive Species Council.
- Lever, C. 1985. *Naturalized mammals of the world*. Longman. Nueva York.
- Lockwood, J.L., M.F. Hoopes y M.P. Marchetti. 2007. *Invasion ecology*. Blackwell Publishing. Oxford.
- MA. 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Millenium Ecosystem Assessment. Island Press. Washington, D.C.
- McNeely, J.A., H.A. Mooney, L.E. Neville, P. Schei y J.K. Waage. 2001. *A global strategy on invasive alien species*. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.
- Parkes, J.P. 1993. The ecological dynamics of pest-resource- people systems. *New Zealand Journal of Zoology* **20**: 223-230.
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zúñiga y D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience* **50**(1): 53-65.
- Pimentel, D., R. Zúñiga y D. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* **52**: 273-288.
- Pimentel, D., S. McNair, J. Janecka, *et al.* 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **84**: 1-20.
- Primack, R.B. 2002. *Essentials of conservation biology*. Sinauer Associates Inc. Sunderland, EUA.
- Ricciardi, A. y J.B. Rasmussen. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conservation Biology* **13**(5): 1220-1222.
- Richardson, D.M., P. Pysek, M. Rejmánek, *et al.* 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* **6**: 93-107.
- Sala, O.E., F.S.I. Chapin, J.J. Armesto, *et al.* 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2010. *Science* **287**: 1770-1774.
- Veitch, C.R. y M.N. Clout. 2002. Turning the tide: the eradication of invasive species. *Proceedings of the International Conference on Eradication of Island Invasives*.
- Wilcove, D.S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips y E. Losos. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience* **48**(8): 607-615.